

УДК 661.631, 002.68 (574)

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ЖАМБЫЛСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

Тургумбаева Х.Х., Лапшина И.З., Бейсекова Т.И., Керимбаева И.Н., Абдуалиева Ж.У.

*Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,
Алматы, e-mail: fosfogips_2012@mail.ru*

В статье описаны способы моделирования составов композиционных материалов на основе техногенных отходов Жамбылского региона. Показано, что в основном технологическом процессе промышленные отходы проходят высокотемпературную обработку с образованием минералов. Предлагается их фазовый и химический составы рассматривать в системе $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$. Диаграмму системы $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ можно использовать в качестве технической модели для определения оптимального состава основных оксидов вяжущего материала на основе техногенного сырья. Указано, что необходимым условием моделирования составов является наличие в сырьевых компонентах основных оксидов. С помощью технической модели, представленной базисом трехкомпонентной системы, установлен рациональный состав многокомпонентного минерального вяжущего. На основе обобщения теоретических положений строительного материаловедения и опыта исследований в области синтеза безобжиговых вяжущих систем предложен метод комплексного использования промышленных отходов в производстве строительных материалов.

Ключевые слова: композиционные материалы, трехкомпонентные системы, техническая модель, диаграмма Ранкина, системный подход, портландцемент, техногенные отходы

METHOD OF PLANNING OF RATIONAL COMPOSITION A MULTICOMPONENT MINERAL BINDERS COMPOSITION BASING ON MAN-MADE MATERIALS OF ZHAMBYL INDUSTRIAL HUB

Turgumbayeva H.H., Lapshina I.Z., Beysekova T.I., Kerimbayeva I.N., Abdulyeva Z.U.

*Kazakh national research technical university named after K.I. Satpayev, Almaty,
e-mail: fosfogips_2012@mail.ru*

This article describes the ways of modeling formulations of composite materials based on technogenic waste of Zhambyl region. It is shown that in the main technological process industrial wastes undergoes a high temperature treatment with the formation of mineral. It is offered to consider their phase and chemical compositions in the system $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$. Diagram of the system $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ can be used as a technical model to determine the optimal composition of the basic oxides binder based on man-made materials. Indicated that a necessary condition of modeling compositions is the presence of basic oxides in raw ingredients. With the help of technical model represented by the basis of the ternary system, rational composition of multicomponent mineral binder is set. On the basis of summarizing the theoretical propositions of building materials and research experience in the field of synthesis without roasting binding systems a method of comprehensive utilization of industrial wastes in the production of building materials is proposed.

Keywords: composite materials, three-component systems, the technical model, Rankin's diagram, systematic approach, Portland cement, technogenic waste

Мировой опыт показывает, что одним из экономически и экологически целесообразных направлений утилизации отходов фосфорной промышленности является использование их в строительной индустрии для получения различных строительных материалов. Строительство является одним из наиболее материалоемких производств, требующих расширения ассортимента применяемых вяжущих и строительных смесей, основными компонентами которых могут быть разнообразные техногенные отходы промышленности. Для решения вышеуказанных проблем предпочтительно использовать местные техногенные материалы – отходы фосфорного производства, такие как фосфорные шлаки, фосфогипс, а также вскрышные породы добычи фосфоритов.

Цель исследования

Целью исследования является снижение воздействия предприятий фосфорной промышленности РК на компоненты окружающей среды путем использования промышленных отходов в качестве сырья для строительной индустрии и дорожного строительства.

Материалы и методы исследования

Перспективность исследований по утилизации крупнотоннажных отходов фосфорной промышленности Жамбылского региона – фосфогипс, фосфорные шлаки, вскрышные породы с получением на их основе вяжущих и композиционных строительных материалов.

1. Для разработки научно-обоснованной технологии получения композиционных материалов для строительства необходимо исследование состава

и свойств исходных сырьевых материалов проводились с использованием современных методов:

- Количественный химический анализ состава исходных техногенных отходов с использованием гравиметрического, спектрофотометрического, потенциометрического, комплексометрического, титриметрического методов анализа;

- Минералогический состав техногенного сырья с использованием рентгеноструктурного, спектрального, дифференциально-термического и петрографического методов анализа;

- Физические и механические свойства техногенных отходов с использованием адсорбционного, гранулометрического, седиментационного, пикнометрического методов анализа;

- Санитарно-гигиеническая оценка техногенных отходов с использованием радиологического и токсикологического методов анализа.

2. Определение оптимального состава вяжущих и минеральных смесей на основе техногенного сырья с использованием диаграммы Ранкина трехкомпонентной системы $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ в качестве технической модели для проектирования состава сырьевой смеси материала.

Результаты исследования и их обсуждения

Поскольку в основном технологическом процессе промышленные отходы проходят высокотемпературную обработку с образованием минералов, представляется возможным их фазовый и химический составы рассматривать в системе $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$, а диаграмму этой системы использовать в качестве технической модели для определения оптимального состава основных оксидов разрабатываемого вяжущего материала на базе техногенного сырья [1, 2]. Для решения задачи по проектированию оптимального состава композиционного безобжигового вяжущего в системе $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ принята некоторая значимая область, к границам

который необходимо привести физико-химические характеристики сырьевых компонентов, которые наиболее близко отвечают его типичному составу и обобщены сходными признаками вяжущих веществ [3, 4, 7].

На данном этапе, исходя из анализа научных разработок по поиску оптимальных структур безобжиговых вяжущих с улучшенными эксплуатационными свойствами, принимая во внимание существующую сырьевую базу техногенных отходов с определенным фазовым составом, учитывая их свойства и химический состав, нами была выдвинута гипотеза о возможности получения композиционного безобжигового вяжущего, проектируемого в системе $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ из отходов промышленности.

Анализ областей расположения промышленных отходов Жамбылского региона по отношению к областям расположения известных материалов (стекло, портландцемент, глиноземистый цемент и т.п.) с совпадением (или не совпадением) химического и минералогического состава в системе $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ позволяет определить, к границам какой группы материалов ближе находится исследуемый отход и, соответственно, в какую группу потенциально он может войти. Для создания новых видов композиционных минеральных безобжиговых вяжущих предлагается вариант, когда значения находятся на границе множества свойств портландцемента (эталон).

Для практической реализации создания композиционного безобжигового вяжущего на основе трехкомпонентной системы $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$, принятой за техническую модель (рис. 1), необходимым условием является наличие в сырьевых компонентах оксидов CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .



Рис. 1. Система $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ (диаграмма Ранкина)

Таблица 1

Минимальные и максимальные значения содержания основных оксидов, приведенных к 100 %, в техногенных отходах фосфорной промышленности Жамбылского региона

1. Гранулированный шлак НДФЗ				
Основной оксид	Максимальное содержание, %	$\Sigma = 89,01 = 100\%$	Минимальное содержание, %	$\Sigma = 78,72 = 100\%$
CaO	37,67	42,33	34,12	43,35
Al ₂ O ₃	1,70	1,91	0,90	1,15
SiO ₂	44,19	49,65	38,70	49,17
Fe ₂ O ₃	5,45	6,13	5,00	6,36
2. Доломит (вскрышные породы Каратау)				
Основной оксид	Максимальное содержание, %	$\Sigma = 34,03 = 100\%$	Минимальное содержание, %	$\Sigma = 31,25 = 100\%$
CaO	30,20	88,75	28,10	89,92
Al ₂ O ₃	0,15	0,44	0,05	0,16
SiO ₂	0,17	0,50	0,09	0,29
Fe ₂ O ₃	3,51	10,31	3,01	9,64
3. Известняк (вскрышные породы Каратау)				
Основной оксид	Максимальное содержание, %	$\Sigma = 48,51 = 100\%$	Минимальное содержание, %	$\Sigma = 44,09 = 100\%$
CaO	44,20	91,12	41,00	93,00
Al ₂ O ₃	0,15	0,31	0,05	0,12
SiO ₂	1,17	2,40	0,70	1,59
Fe ₂ O ₃	2,99	6,17	2,34	5,31
4. Литой шлак Химпрома				
Основной оксид	Максимальное содержание, %	$\Sigma = 89,71 = 100\%$	Минимальное содержание, %	$\Sigma = 82,24 = 100\%$
CaO	41,70	46,49	38,00	46,21
Al ₂ O ₃	0,15	0,17	0,05	0,06
SiO ₂	43,10	48,05	40,10	48,76
Fe ₂ O ₃	4,76	5,31	4,09	4,98
5. Фосфогипс (лежалый), з-д «Минеральных удобрений»				
Основной оксид	Максимальное содержание, %	$\Sigma = 43,99 = 100\%$	Минимальное содержание, %	$\Sigma = 36,20 = 100\%$
CaO	27,32	62,11	24,23	66,94
Al ₂ O ₃	0,50	1,14	0,15	0,42
SiO ₂	15,16	34,47	11,42	31,55
Fe ₂ O ₃	1,01	2,30	0,4	1,11
6. Фосфато-кремнистые сланцы, м-е «Коксу»				
Основной оксид	Максимальное содержание, %	$\Sigma = 82,40 = 100\%$	Минимальное содержание, %	$\Sigma = 79,51 = 100\%$
CaO	5,90	7,16	5,01	6,31
Al ₂ O ₃	9,80	11,90	9,00	11,32
SiO ₂	61,60	74,76	60,90	76,59
Fe ₂ O ₃	5,10	6,18	4,60	5,78
7. Фосфато-глинистые сланцы, м-е «Коксу»				
Основной оксид	Максимальное содержание, %	$\Sigma = 87,52 = 100\%$	Минимальное содержание, %	$\Sigma = 85,62 = 100\%$
CaO	4,51	5,16	4,21	4,92
Al ₂ O ₃	3,75	4,28	3,31	3,86
SiO ₂	75,81	86,62	75,01	87,61
Fe ₂ O ₃	3,45	3,94	3,09	3,61

Окончание табл. 1

8. Фосфатизированный доломит (плитчатый), м-е «Коксу»				
Основной оксид	Максимальное содержание, %	$\Sigma = 40,79 = 100\%$	Минимальное содержание, %	$\Sigma = 36,98 = 100\%$
CaO	24,98	61,24	23,90	64,63
Al ₂ O ₃	1,89	4,63	1,10	2,97
SiO ₂	10,99	26,95	9,98	26,99
Fe ₂ O ₃	2,93	7,18	2,00	5,41
9. Фосфатизированные кремни, м-е «Жанатас»				
Основной оксид	Максимальное содержание, %	$\Sigma = 87,46 = 100\%$	Минимальное содержание, %	$\Sigma = 85,11 = 100\%$
CaO	5,79	6,62	4,91	5,77
Al ₂ O ₃	2,00	2,29	1,74	2,05
SiO ₂	76,89	87,91	76,12	89,44
Fe ₂ O ₃	2,78	3,18	2,34	2,75

Области расположения вторичных продуктов фосфорной промышленности Жамбылской области на диаграмме состояния CaO – SiO₂ – Al₂O₃ определяются пределами минимальных и максимальных значений.

По данным таблицы сумма основных оксидов CaO, SiO₂, Al₂O₃ в сырьевых материалах приводится к 100 %, и из полученного результата вычисляются доли каждого элемента отдельно. Результаты представлены в табл. 1.

При наложении граничных значений вторичных продуктов фосфорной промышленности Жамбылской области, согласно полученным значениям, (рис. 2) на области минералов диаграммы Ранкина, уточненной по Э. Осборну, можно отметить, что зоны расположения химического и минералогического составов совпадают [5].

В данном случае можно поставить вопрос об активном воздействии приближения свойств промышленных отходов к свойствам конкретного материала, т.е. к множеству значений рекомендуемого свойства. Для этого на диаграмме тройной системы CaO – SiO₂ – Al₂O₃ помещаем составы промышленных отходов Жамбылского региона с необходимыми свойствами и за счет комплексного использования (смешивания) в математически обоснованных соотношениях приближаем количественный химический состав к центру множества значений рекомендуемых свойств конкретного материала.

Таким образом, для создания нового эффективного материала, необходимо: содержание основных оксидов CaO, Al₂O₃, SiO₂ вторичных продуктов промышленности вычислить в массовых долях от 100 % и долевой химический состав привести к типич-

ному составу основных оксидов конкретного строительного материала в системе CaO – SiO₂ – Al₂O₃.

Приведенные рассуждения позволяют предположить следующее. Если на диаграмме Ранкина в системе CaO – SiO₂ – Al₂O₃ (рис. 2) принять некоторую значимую область (Д), к границам которой необходимо привести физико-химические характеристики сырьевых компонентов (А, Б, В), наиболее близко отвечающие ее типичному составу и обобщенным характерным признакам, то можно получить новый композиционный строительный материал.

Наиболее значимой областью в системе CaO – SiO₂ – Al₂O₃ является область портландцемента (Д), который на сегодняшний день из всех вяжущих материалов обладает наилучшими физико-механическими и техническими характеристиками, но требует больших энергетических затрат при его производстве.

Основное условие – максимально приблизить химический состав и свойства области компонентов (А, Б, В) к химическому составу области портландцемента (Д) выполнялось методом расчета по программе Microsoft Office Excel (табл. 2).

При расчете состава компонентов вяжущего принят во внимание тот фактор, что в процессах гидратации гидравлических вяжущих оксид железа (Fe₂O₃) оказывает положительное влияние.

В высокотемпературной химии цемента при изучении физико-химических процессов в системе CaO – SiO₂ – Al₂O₃ показано, что новообразования C₂F, CF₃, происходящие на границе раздела CaO – Fe₂O₃, в конечном итоге оказывают активное влияние на структурообразование и свойства материала [5, 6].

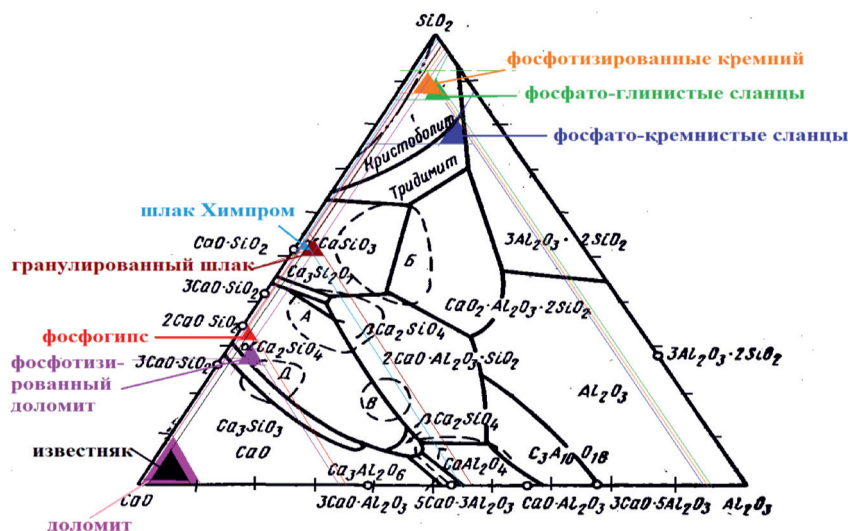


Рис. 2. Диаграмма состояния системы $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$

Таблица 2

Результаты расчета составов новых строительных композитов

Состав 1	Техногенные отходы Жамбылского региона			Эталон	Расчетные значения оксидов сырьевой смеси проектируемого вяжущего, приведенные к значениям эталона
Оксиды	Фосфато-гли- нистый сланец	Фосфо- гипс	Извест- няк	Портланд- цемент	
CaO	5,18	64,56	91,62	67,52	67,52
Si ₂ O	86,87	32,4	2,02	23,3	23,29
Al ₂ O ₃	4,28	1,1	0,21	5,62	0,939
Fe ₂ O ₃	3,67	1,94	6,15	3,56	3,56
Долевые значения ком- понентов в вяжущем	0,0711	0,5049	0,3771	1	95,3≈100
Состав 2	Техногенные отходы Жамбылского региона			Эталон	Расчетные значения оксидов сырьевой смеси проектируемого вяжущего, приведенные к значениям эталона
Оксиды	Фосфато-крем- нистый сланец	Фосфо- гипс	Извест- няк	Портланд- цемент	
CaO	6,3	64,56	91,62	67,52	67,52
Si ₂ O	76,27	32,4	2,02	23,3	23,29
Al ₂ O ₃	11,45	1,1	0,21	5,618	1,392
Fe ₂ O ₃	5,98	1,94	6,15	3,56	3,56
Долевые значения ком- понентов в вяжущем	0,0623	0,5509	0,3444	1	95,8≈100
Состав 3	Техногенные отходы Жамбылского региона			Эталон	Расчетные значения оксидов сырьевой смеси проектируемого вяжущего, приведенные к значениям эталона
Оксиды	Гранулирован- ный шлак	Фосфо- гипс	Извест- няк	Портланд- цемент	
CaO	42,8	64,6	91,62	67,52	67,52
Si ₂ O	49,5	23,3	32,4	23,3	23,29
Al ₂ O ₃	1,6	1,1	0,3	5,618	1,392
Fe ₂ O ₃	6,1	1,9	6,1	3,56	3,56
Долевые значения ком- понентов в вяжущем	0,1077	0,3091	0,5356	1	95,2 ≈ 100

